

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА В СЕВООБОРОТЕ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

¹Н.Л. Кураченко, доктор биологических наук

²А.С. Колесников, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

²Восточно-Сибирское представительство АО «Щелково Агрохим», Красноярск, Россия

E-mail: kurachenko@mail.ru

Ключевые слова: чернозем, отвальная обработка, минимальная обработка, нулевая обработка, плотность сложения.

Реферат. Приведены результаты полевого опыта по изучению влияния приемов основной обработки на плотность сложения чернозема Красноярской лесостепи. Исследования проведены в поле пара и зерновых культур в пятипольном полевом севообороте (пар – пшеница – рапс – ячмень – овес). Схема опыта включала приемы основной обработки почвы: 1 – отвальная обработка на глубину 20–22 см; 2 – минимальная обработка (дисковое лушение на глубину 10–12 см); 3 – нулевая обработка (прямой посев по стерне предшественника). Показано, что чернозем обыкновенный Красноярской лесостепи в условиях основной обработки характеризовался рыхлым и нормальным сложением 0–20 см слоя с сезонным ритмом, не превышающим 18 %. Плотность сложения 0–20 см слоя чернозема на 19–28 % зависела от характера агроценоза. В наибольшей степени это влияние выражено в слое 10–20 см (26–37 %). Поля севооборота по величине плотности сложения на всех фонах основной обработки располагались в следующий возрастающий ряд: пар (0,90–0,96 г/см³) – пшеница (0,95–1,02 г/см³) – ячмень (0,97–1,00 г/см³) – овес (0,98–1,05 г/см³). Установлено, что возделывание сельскохозяйственных культур и парование поля на фоне отвальной вспашки формировало плотность на уровне 0,94–0,98 г/см³. Обработка почвы дискатором в посевах зерновых культур повышала плотность сложения почвы до 0,97–1,01 г/см³; нулевой посев – до 1,00–1,05 г/см³. При этом величина исследуемого параметра не выходила за пределы оптимальных значений.

CHANGES IN THE DENSITY OF CHERNOZEM IN CROPE ROTATION WITH MINIMIZATION OF BASIC TILLAGE

¹N.L. Kurachenko, Doctor of Biological Sciences

²A.S. Kolesnikov, Candidate of Agricultural Sciences

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²East Siberian representative office of Shchelkovo Agrokhim JSC, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: kurachenko@mail.ru

Keywords: chernozem, dump cultivation, minimal cultivation, zero tillage, bulk density.

Abstract. The results of a field experiment to study the influence of basic processing techniques on the density of chernozem in the Krasnoyarsk forest-steppe are presented. The research was carried out in a field of fallow and grain crops in a five-field crop rotation (fallow – wheat – rapeseed – barley – oats). The experimental design included basic tillage techniques: 1 – moldboard tillage to a depth of 20–22 cm; 2 – minimal processing (disc peeling to a depth of 10–12 cm); 3 – zero tillage (direct sowing on the stubble of the predecessor). It was shown that ordinary chernozem of the Krasnoyarsk forest-steppe under the conditions of basic cultivation was characterized by a loose and normal composition of the 0–20 cm layer with a seasonal rhythm not exceeding 18 %. The density of the 0–20 cm layer of chernozem depended 19–28 % on the nature of the agroecosystem. This influence is most pronounced in the 10–20 cm layer (26–37 %). Crop rotation fields according to the density of the crop on all backgrounds of the main cultivation were located in the following increasing series: fallow (0.90–0.96 g/cm³) – wheat (0.95–1.02 g/cm³) – barley (0.97–1.00 g/cm³) – oats (0.98–1.05 g/cm³). It was established that the cultivation of agricultural crops and fallowing the field against the background of moldboard plowing formed a density at the level of 0.94–0.98 g/cm³. Tilling the soil with a disc in crops of grain crops increased the soil density to 0.97–1.01 g/cm³; zero sowing – up to 1.00–1.05 g/cm³. At the same time, the value of the studied parameter did not go beyond the optimal values.

Получение максимальных объемов продукции сельскохозяйственного производства высокого качества с минимальными затратами труда и средств является основной целью сельскохозяйственного производства [1]. Замена традиционной отвальной обработки почв на минимальные технологии обусловлена снижением доходности производства продукции растениеводства, усилением темпов снижения плодородия и деградации почв [2]. Однако результаты внедрения минимальных обработок почв в различных почвенно-климатических зонах часто сопровождаются негативными изменениями агрофизических свойств почв [3, 4]. Внедрение минимальных и нулевых обработок должно быть увязано с агрофизическими свойствами различных типов почв и требованиями различных культур к сложению почвы [5]. С изменением плотности сложения почв меняется водный, воздушный и тепловой режимы почв, интенсивность биологических процессов. Этот показатель оказывает существенное влияние на качество механической обработки почв и затраты на ее проведение.

На тяжело- и среднесуглинистых черноземах диапазон оптимальных значений для зерновых культур колеблется в пределах 1,05–1,30 г/см³. Однако следует отметить, что для почв земледельческой зоны Красноярского края, как правило, характерна пониженная плотность сложения, которая не достигает даже рекомендованных для них значений – 1,10–1,20 г/см³. Фактором рыхлости почв региона является длительное пребывание их в мерзлотном состоянии, хорошая оструктуренность и значительная степень гумусированности. Отсутствие достоверной информации о влиянии основной обработки на плотность сложения черноземов среднесуглинистого гранулометрического состава определило постановку и проведение исследований. Появление сравнительно крупных контуров черноземов обыкновенных в лесостепной зоне Красноярского края связано с кольцевой или концентрической зональностью, проявляющейся в межгорных котловинах. Так, на территории Красноярской лесостепи существуют две почвенно-географические зоны, закономерно сменяющиеся от центра котловины к периферии: зона степи с преобладанием обыкновенных черноземов и зона лесостепи

с двумя подзонами – южной лесостепи с преобладанием выщелоченных и обыкновенных черноземов и северной с преобладанием серых лесных почв, среди которых встречаются оподзоленные черноземы [6].

Цель исследования – оценка влияния приемов основной обработки на плотность сложения чернозема обыкновенного в зернопаровом севообороте.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение влияния приемов основной обработки на плотность сложения чернозема провели в 2013–2015 гг. в землепользовании Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства, расположенного в Красноярской лесостепи. Объектами исследования в полевом опыте явился чернозем обыкновенный маломощный среднесуглинистого гранулометрического состава и пятипольный полевой севооборот (пар – пшеница – рапс – ячмень – овес).

Чернозем обыкновенный опытного участка в 0–20 см слое отличался высоким содержанием гумуса (7,9–9,6 %), слабощелочной реакцией среды (pH_{H_2O} – 7,1–7,8), высокой суммой обменных оснований (40,0–45,2 м-экв/100 г).

Схема опыта включала следующие приемы основной обработки почвы: I – отвальная обработка (вспашка ПЛН 4–35 на глубину 20–22 см); II – минимальная обработка (осеннее дискование культиватором Rubin 9600 KU на глубину 10–12 см); III – нулевая обработка (прямой посев сеялкой Джон Дир). Культуры размещены на фоне применения минеральных удобрений со стартовой дозой $N_{30}P_{30}$. Посевы зерновых культур с учетом доминирования широколиственных сорняков в фазу кушения обрабатывали гербицидом Магнум, ВДГ в дозе 0,01 кг/га. В опыте использовали сорта, рекомендованные к возделыванию в Красноярском крае: пшеница – Алтайская 70, ячмень – Буян, овес – Саян. Размещение вариантов опыта – систематическое, повторность – 3-кратная. Учетная площадь делянки – 100 м². Повторность отбора образцов и аналитических определений – 3-кратная. Почвенные образцы отбирали в слоях 0–10, 10–20 см. Сроки отбора образцов:

июнь, июль и август. В почвенных образцах определяли влажность термовесовым методом и плотность сложения по Н.А. Качинскому [7]. Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованиями установлено, что чернозем обыкновенный Красноярской лесостепи в условиях основной обработки, как правило, характеризовался рыхлым и нормальным сложением 0–20 см слоя. Сезонный ритм плотности 0–20 см слоя в полях севооборота имел различную изменчивость, определяемую приемом основной обработки и характером агроценоза. Считается, что значительное варьирование

плотности сложения в пахотных горизонтах в течение вегетационного периода является отрицательным последствием длительной распашки черноземов [8]. В поле чистого пара, обработанного по различным технологиям, величина плотности сложения чернозема в вегетационные сезоны 2013–2015 гг. не превышала 1,05 г/см³ при незначительном и небольшом варьировании показателя ($C_v = 2–16\%$) (табл. 1). Наиболее рыхлое сложение 0–20 см слоя поддерживалось поверхностной обработкой дисковым в вегетационные сезоны 2013 и 2015 гг. (0,83–0,94 г/см³). Снижение плотности 0–10 см слоя пара, обработанного с осени по минимальной технологии, на 0,07–0,08 г/см³ по сравнению с отвальной обработкой отмечено в июньский период и подтверждено результатами дисперсионного анализа ($HCP_{05} = 0,03–0,07$).

Таблица 1

Статистические показатели плотности сложения чернозема в паровых полях (0–20 см), г/см³
Statistical indicators of the density of chernozem in fallow fields (0–20 cm), g/cm³

Прием обработки	Слой почвы, см	2013 г. (n = 3)		2014 г. (n = 3)		2015 г. (n = 3)	
		$\bar{X}$	$C_v, \%$	$\bar{X}$	$C_v, \%$	$\bar{X}$	$C_v, \%$
Отвальная	0–10	0,90	11	0,87	11	0,92	2
	10–20	0,95	6	0,93	8	1,05	4
Минимальная	0–10	0,83	15	0,95	15	0,84	8
	10–20	0,86	10	0,98	8	0,94	3
Нулевая	0–10	0,94	6	0,94	14	0,98	16
	10–20	0,91	2	0,99	17	0,99	10

Плотность сложения чернозема в посевах яровой пшеницы изменялась в течение вегетационных сезонов по вариантам опыта от 0,71 до 1,19 г/см³ (табл. 2). Динамика плотности сложения почвы, обработанной по отвальной, минимальной и нулевой технологиям, в вегетационные сезоны 2013 и 2014 гг. имела схожую направленность, но различную количественную оценку. В агроценозе пшеницы, возделываемой по вспашке и минимальной обработке, плотность почвы существенно увеличивалась к июлю до 1,07–1,14 г/см³. Более выраженный диапазон изменений сложения 0–20 см слоя чернозема установлен на вспашке с коэффици-

ентом варьирования по слоям, достигающим 14–24 %. Диапазон изменений плотности почвы в вегетационные сезоны 2013 и 2014 гг. на фоне нулевой обработки не превышал 0,09–0,08 г/см³ и соответствовал незначительному варьированию показателя ($C_v = 4–7\%$). Посевы пшеницы, возделываемой по пару в 2015 г., характеризовались незначительным варьированием плотности сложения ($C_v = 1–16\%$) на всех фонах обработки, с постепенным снижением показателя к уборке.

Таблица 2

Статистические показатели плотности сложения чернозема в посевах пшеницы (0–20 см), г/см³
Statistical indicators of the density of chernozem in wheat crops (0–20 cm), g/cm³

Прием обработки	Слой почвы, см	2013 г. (n = 3)		2014 г. (n = 3)		2015 г. (n = 3)	
		X	Cv, %	X	Cv, %	X	Cv, %
Отвальная	0–10	1,02	16	0,92	24	0,99	8
	10–20	0,88	14	0,97	14	0,98	4
Минимальная	0–10	0,93	14	0,95	9	0,90	16
	10–20	1,08	7	0,98	15	0,98	3
Нулевая	0–10	1,09	6	1,10	7	0,83	12
	10–20	1,11	5	1,02	4	0,96	1

Динамические изменения плотности корнеобитаемого слоя чернозема в посевах ячменя, возделываемых по отвальной обработке в вегетационный сезон 2013 г., характеризовались незначительной выраженностью ($Cv = 1–11\%$) с рыхлым сложением: $0,85–0,95$ г/см³ (табл. 3). На фоне минимальной обработки формировалось нормальное сложение почвы ($0,96–1,00$ г/см³), превышающее вспашку на $0,11–0,05$ г/см³. При этом существенные различия по типам основной обработки почвы проявлялись в период всходов ячменя ($HCP_{05\ 10–20\ см} = 0,06$)

и к его созреванию ($HCP_{05\ 0–10\ см} = 0,21$). В вегетационные сезоны 2014–2015 гг. выявлено увеличение сезонного варьирования плотности почвы в посевах ячменя ($Cv = 1–18\%$) и тенденция к увеличению показателя до $0,94–1,10$ г/см³. Достоверное увеличение плотности сложения до $1,17–1,19$ г/см³ ($HCP_{05} = 0,10–0,23$) в посевах ячменя отмечено в начальную стадию развития культуры на нулевом фоне. Значения плотности почвы в вегетационный сезон 2015 г. по фонам обработки варьировали в пределах $0,99–1,08$ г/см³.

Таблица 3

Статистические показатели плотности сложения чернозема в посевах ячменя (0–20 см), г/см³
Statistical indicators of the density of chernozem in barley crops (0–20 cm), g/cm³

Прием обработки	Слой почвы, см	2013 г. (n = 3)		2014 г. (n = 3)		2015 г. (n = 3)	
		X	Cv, %	X	Cv, %	X	Cv, %
Отвальная	0–10	0,85	7	0,94	15	1,04	4
	10–20	0,95	1	0,94	6	1,08	8
Минимальная	0–10	0,96	11	0,99	14	1,00	10
	10–20	1,00	5	0,98	15	0,99	13
Нулевая	0–10	0,90	1	1,10	7	0,99	18
	10–20	0,97	2	1,02	4	1,00	1

Тенденция к уплотнению 10–20 см слоя чернозема отмечена в агроценозе овса (табл. 4). В отличие от парового поля и агроценозов пшеницы и ячменя, плотность почвы в посевах овса уже в вегетационный сезон 2013 г. отличалась нормальным сложением ($0,95–1,09$ г/см³), что обусловлено лучшим разви-

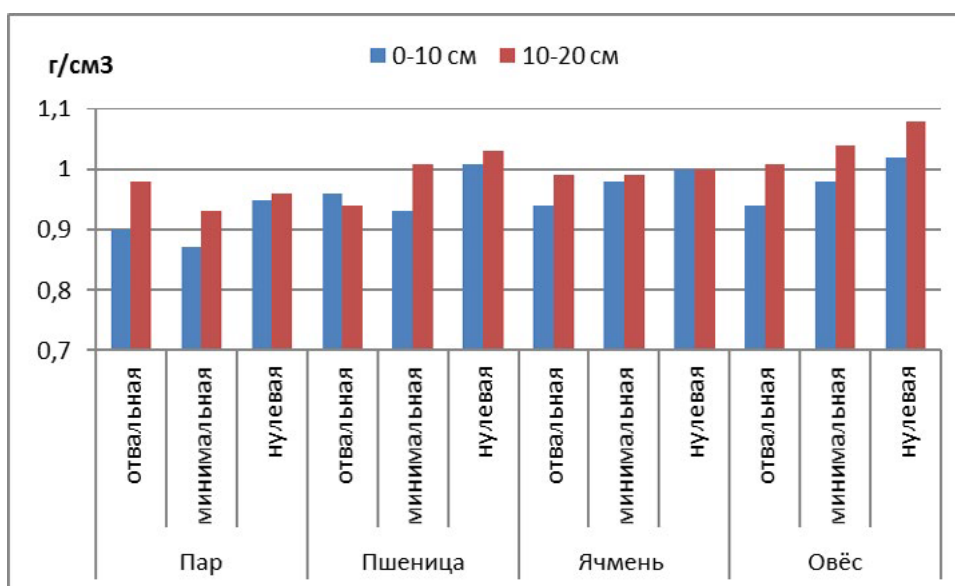
тием корневой системы культуры. Качественная оценка ($0,91–1,11$ г/см³) и сезонный ритм плотности сложения чернозема ($Cv = 1–15\%$) сохранялись в вегетационные сезоны 2014 и 2015 гг. При этом отмечается более выраженное уплотнение 10–20 см слоя по всем приемам основной обработки.

Статистические показатели плотности сложения агрочернозема в посевах овса (0–20 см), г/см³
 Statistical indicators of the density of agrochernozem in oat crops (0–20 cm), g/cm³

Прием обработки	Слой почвы, см	2013 г. (n = 3)		2014 г. (n = 3)		2015 г. (n = 3)	
		X	Cv, %	X	Cv, %	X	Cv, %
Отвальная	0–10	0,95	13	0,97	5	0,91	1
	10–20	1,00	5	1,05	5	0,98	6
Минимальная	0–10	1,02	10	1,00	9	0,93	9
	10–20	1,03	3	1,08	8	1,01	15
Нулевая	0–10	1,09	9	1,07	5	0,91	7
	10–20	1,05	5	1,11	4	1,07	8

Дифференциация пахотного горизонта по показателям плодородия рассматривается как основной недостаток ресурсосберегающих приемов обработки почвы, что подтверждается рядом исследователей [9–11]. Авторами установлено, что ежегодная минимальная обработка на одном и том же поле приводит к переуплотнению верхних слоев почвы в результате образования большого количества пылеватой фракции или, наоборот, к уплотнению 10–20 см слоя. При применении безотвальных обработок, особенно мелких и нулевых, происходит дифференциация пахотного слоя на прослойки, отличающиеся по физическим параметрам и содержанию питательных веществ, более выраженная, чем она формируется через 2–3 мес. после вспашки. Анализ среднесезонной величины сложения чернозема парового поля показал, что отвальная и минимальная обработки в равной степени определили дифференциацию 0–20 см слоя почвы (рисунок). Разница между 0–10 и 10–20 см слоями по величине показателя оценивалась на уровне 0,08–0,06 г/см³ ($HCp_{05} = 0,04$). Отсутствие основной обработки парового поля в осенний период и в течение лета (химический пар) определило гомогенность 0–20 см слоя чернозема (0,95–0,96 г/см³). В посевах пшеницы, возделываемой по различным технологиям основной обработки, вспашка формировала рыхлое сложение почвы 0–20 см слоя почвы (0,95 г/см), минимальная и нулевая обработка нормальное (0,97–1,02 г/см³). Поверхностная обработка почвы дисковым определила существенную дифференциацию 0–20 см слоя почвы по исследуемому параметру ($HCp_{05} = 0,05$).

Здесь отмечено увеличение плотности 10–20 см слоя по сравнению с вышележащей толщей на 0,08 г/см³. При возделывании ячменя по минимальной и нулевой технологии формировался однородный по плотности сложения 0–20 см слой почвы. На фоне вспашки отмечено достоверное увеличение плотности 10–20 см слоя на 0,05 г/см³ по сравнению с вышележащим 0–10 см слоем ($HCp_{05} = 0,04$). Выраженная гомогенность 0–20 см слоя чернозема при возделывании ячменя по ресурсосберегающим технологиям обусловлена влиянием предшествующей культуры – ярового рапса. Мощная корневая система культуры и поступление в почву значительных запасов органического вещества обуславливали разуплотнение почвы. Нашими исследованиями установлено, что применение ресурсосберегающих технологий на рапсе определяло повышение плотности сложения на 0,03–0,11 г/см³ [12]. Подобные результаты получены и в исследованиях А.С. Бушнева [13]. Автором установлено, что плотность почвы в слое 0–30 см весной на отвальной вспашке составляла 1,29 г/см³, на минимальной и поверхностной обработке – 1,33–1,35 г/см³. К концу вегетации во всех вариантах опыта произошло уплотнение, особенно в вариантах с глубокой безотвальной, минимальной и поверхностной обработками почвы. Однако при посеве озимой пшеницы после ярового рапса плотность почвы была близкой по всем системам основной обработки и не превышала предельно допустимой величины для этой культуры.



Плотность сложения чернозема в полях севооборота (2013–2015 гг.), г/см³
Density of chernozem in crop rotation fields (2013–2015), g/cm³

Дифференциация 0–20 см слоя почвы в посевах овса, возделываемых по вспашке, минимальной и нулевой обработке, проявлялась с одинаковой закономерностью (0,06–0,07 г/см³) ($НСР_{05} = 0,03$). По мнению исследователей, временная изменчивость оптимальных параметров плотности сложения чернозема имеет определенную зависимость [14]. Как правило, весной эти параметры имеют более низкие значения, а перед уборкой пшеницы – более

высокие. Несмотря на некоторое увеличение плотности сложения чернозема, от посева до конца вегетации она находилась в оптимальных пределах на всех типах основной обработки и не оказывала отрицательного влияния на плодородие почвы.

В процессе исследований установлено, что величина плотности сложения 0–20 см слоя чернозема на 19–28 % определялась влиянием характера агроценоза (табл. 5).

Таблица 5
Оценка вклада агроэкологических факторов в изменение плотности сложения 0–20 см слоя чернозема
Assessment of the contribution of agroecological factors to changes in the density of the 0–20 cm layer of chernozem

Год	Фактор	Показатель степени влияния, %	
		0–10 см	10–20 см
2013	Прием обработки (А)	13,5	4,4
	Агроценоз (В)	11,7	26,3
	Взаимодействие (АВ)	26,6	27,3
	Неучитываемые факторы	48,2	42,0
2014	Прием обработки (А)	24,7	13,0
	Агроценоз (В)	18,7	36,9
	Взаимодействие (АВ)	38,6	16,9
	Неучитываемые факторы	18,0	33,2
2015	Прием обработки (А)	14,4	9,9
	Агроценоз (В)	22,4	28,2
	Взаимодействие (АВ)	29,9	24,4
	Неучитываемые факторы	33,3	37,5

При этом в наибольшей степени это влияние выражено в слое 10–20 см (26–37 %). Поля севооборота по величине плотности сложения на всех фонах основной обработки располагались в следующий возрастающий ряд: пар (0,90–0,96 г/см³) – пшеница (0,95–1,02 г/см³) – ячмень (0,97–1,00 г/см³) – овес (0,98–1,05 г/см³). Влияние приема основной обработки почвы на величину плотности сложения оценивались по годам исследований на 9–19 %. Установлено, что возделывание сельскохозяйственных культур и парование поля на фоне отвальной вспашки формируют плотность на уровне 0,94–0,98 г/см³. Обработка почвы дисковым в посевах зерновых культур повышает сложение до 0,97–1,01 г/см³; нулевой посев – до 1,00–1,05 г/см³. При этом величина исследуемого параметра не выходила за пределы оптимальных значений.

Таким образом, уплотнение почвы на 0,03–0,07 г/см³ проявлялось только при возделывании зерновых культур. Исследования, проведенные на черноземах Курской области при возделывании гороха, показали, что независимо от приема обработки величина плотности сложения в слое 0–10 см была ниже (0,99±0,01 г/см³), чем в слое 10–20 см (1,10±0,02 г/см³) [15]. Причем наибольшая в опыте плотность почвы отмечена при использовании поверхностной обработки. В условиях лесостепи Новосибирского Приобья в длительных опытах (более 30 лет) с усилением минимизации основной зяблевой обработки вплоть до отказа от нее под зерновые культуры

В.Е. Синещевым отмечено незначительное увеличение плотности в слое 0–30 см чернозема выщелоченного при сохранении оптимальных величин параметра (1,07–1,19 г/см³) [16].

ВЫВОДЫ

1. Плотность сложения чернозема обыкновенного в агроэкосистемах Красноярской лесостепи в первые годы применения ресурсосберегающих технологий основной обработки не достигала критического порога (1,25–1,30 г/см³), когда почва утрачивает способность саморазуплотняться. Тип сложения черноземов обыкновенных можно определить как устойчивый, и элементы минимизации в системе основной обработки почвы могут быть вполне целесообразны.

2. Возделывание сельскохозяйственных культур и парование поля на фоне отвальной обработки формируют рыхлое и нормальное сложение агрочернозема (0,94–0,98 г/см³). Минимальная обработка почвы под посеvy зерновых культур повышает плотность сложения до 0,97–1,01 г/см³; нулевой посев – до 1,00–1,05 г/см³ с сохранением оптимальных значений.

3. Поля севооборота по величине плотности сложения на всех фонах основной обработки располагаются в следующий возрастающий ряд: пар (0,90–0,96 г/см³) – пшеница (0,95–1,02 г/см³) – ячмень (0,97–1,00 г/см³) – овес (0,98–1,05 г/см³).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние минимизации обработки на баланс углерода в почве в лесостепи Новосибирского Приобья / И.Н. Шарков, В.А. Андроханов, Л.М. Самохвалова, П.В. Антипина // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1 (66). – С. 99–106.
2. Скорочкин Ю.П., Макаров М.Р., Ерофеев С.А. Приемы минимальной обработки почвы в севообороте // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 44–5. – С. 74–76.
3. Карипов Р.Х., Тлеппаева А.А. Минимальная и нулевая обработка почвы в условиях сухостепной зоны // Наука и мир. – 2017. – № 1–2 (41). – С. 8–9.
4. Гребенников А.М. Применение сидеральных смешанных агроценозов для восстановления агрофизических свойств почв при использовании минимальных обработок // Проблемы науки. – 2019. – № 7 (43). – С. 53–58.
5. Biometric indicators of corn and basic tillage systems / A.A. Mnatsakanyan, G.V. Chubarleeveva, O.B. Bykov, A.S. Volkova // International Scientific and Practical Conference on Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad. – 2022. – Vol. 118. – P. 305–309.
6. Кураченко Н.Л. Агрофизическое состояние почв Красноярской лесостепи. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2013. – 194 с.

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Ульянова О.А., Кураченко Н.Л., Чупрова В.В. Влияние системы удобрения на плодородие чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи // *Агрохимия*. – 2010. – № 1. – С. 10–19.
3. *Плодородие* чернозема типичного при минимизации основной обработки / Г.Н. Черкасов, Е.В. Дубовик, Д.В. Дубовик, С.И. Казанцев // *Земледелие*. – 2012. – № 4. – С. 23–25.
4. *Прямой посев* полевых культур в Ставропольском крае / Г.Р. Дорожко, О.Г. Шабалдас, В.К. Зайцев, Д.Ю. Бородин // *Земледелие*. – 2013. – № 8. – С. 20–23.
5. Влияние минимизации основной обработки почвы на плодородие чернозема типичного / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков, Б.С. Ильин // *Агрохимия*. – 2021. – № 3. – С. 22–27.
6. *Агрофизическое состояние и продуктивность* рапса, возделываемого по ресурсосберегающим технологиям в Красноярской лесостепи / Н.Л. Кураченко, А.С. Колесников, В.Л. Колесникова, В.Н. Романов // *Плодородие*. – 2015. – № 3. – С. 19–21.
7. Бушнев А.С. Изменение плотности почвы в севообороте с масличными культурами при различных системах основной обработки почвы // *Масличные культуры*. – 2013. – № 1. – С. 48–57.
8. Данилов А.Н., Летучий А.В., Шагиев Б.З. Влияние удобрений и обработки почвы на элементы ее плодородия и урожайность яровой пшеницы на черноземах Поволжья // *Нива Поволжья*. – 2015. – № 3. – С. 46–53.
9. *Минимизация основной обработки почвы под горох* в Курской области / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков, Б.С. Ильин, А.Н. Морозов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2020. – Т. 34, № 11. – С. 26–31.
10. Синещев В.Е. Агрофизические свойства черноземов выщелоченных при минимизации основной обработки почвы // *Агрохимия*. – 2017. – № 7. – С. 19–25.

REFERENCES

1. Sharkov I.N., Androkhanov V.A., Samokhvalova L.M., Antipina P.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2023, No. 1 (66), pp. 99–106. (In Russ.)
2. Skorochkin YU.P., Makarov M.R., Erofeev S.A., *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2018, No. 44–5, pp. 74–76. (In Russ.)
3. Karipov R.H., Tleppaeva A.A., *Nauka i mir*, 2017, No. 1–2 (41), pp. 8–9. (In Russ.)
4. Grebennikov A.M., *Problemy nauki*, 2019, No. 7 (43), pp. 53–58. (In Russ.)
5. Mnatsakanyan A.A., Chuvarleeva G.V., Bykov O.B., Volkova A.S., Biometric indicators of corn and basic tillage systems, *International Scientific and Practical Conference on Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad*, 2022, Vol. 118, pp. 305–309.
6. Kurachenko N.L., *Agrofizicheskoe sostoyanie pochv Krasnoyarskoj lesostepi* (Agrophysical state of soils in the Krasnoyarsk forest-steppe), Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2013. 194 p.
7. Vadyunina A.F., Korzhagina Z.A., *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* (Methods for studying the physical properties of soils), Moscow: Agropromizdat, 1986, 416 p. (In Russ.)
8. Ul'yanova O.A., Kurachenko N.L., CHuprova V.V., *Agrokhimiya*, 2010, No. 1, pp. 10–19. (In Russ.)
9. Cherkasov G.N., Dubovik E.V., Dubovik D.V., Kazancev S.I., *Zemledelie*, 2012, No. 4, pp. 23–25. (In Russ.)
10. Dorozhko G.R., SHabaldas O.G., Zajcev V.K., Borodin D.YU., *Zemledelie*, 2013, No. 8, pp. 20–23. (In Russ.)
11. Dubovik D.V., Dubovik E.V., SHumakov A.V., Il'in B.S., *Agrokhimiya*, 2021, No. 3, pp. 22–27. (In Russ.)
12. Kurachenko N.L., Kolesnikov A.S., Kolesnikova V.L., Romanov V.N., *Plodorodie*, 2015, No. 3, pp. 19–21. (In Russ.)
13. Bushnev A.S., *Maslichnye kul'tury*, 2013, No. 1, pp. 48–57. (In Russ.)
14. Danilov A.N., Letuchiy A.V., Shagiev B.Z., *Niva Povolzh'ya*, 2015, No. 3, pp. 46–53. (In Russ.)
15. Dubovik D.V., Dubovik E.V., SHumakov A.V., Il'in B.S., Morozov A.N., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, T. 34, No. 11, pp. 26–31. (In Russ.)
16. Sineshchekov V.E., *Agrokhimiya*, 2017, No. 7, pp. 19–25. (In Russ.)